

⑫ 公開特許公報(A) 平1-157581

⑪ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成1年(1989)6月20日

H 01 L 41/08
H 02 N 2/00S-7342-5F
B-7052-5H

審査請求 未請求 請求項の数 8 (全9頁)

⑭ 発明の名称 積層型変位素子

⑯ 特 願 昭63-186146

⑰ 出 願 昭63(1988)7月26日

優先権主張 ⑱ 昭62(1987)9月25日 ⑲ 日本(JP) ⑳ 特願 昭62-240503

㉑ 発 明 者 定 村 茂 埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地 日立金属株式会社磁性材料
研究所内㉒ 発 明 者 渡 辺 純 一 埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地 日立金属株式会社磁性材料
研究所内

㉓ 出 願 人 日立金属株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目1番2号

㉔ 代 理 人 弁理士 森 田 寛

明 細 書

1. 発明の名称

積層型変位素子

2. 特許請求の範囲

- (1) 電気機械変換材料からなる薄板を、この薄板の大部分を被覆するように形成した内部電極を介して複数枚積層して積層体を形成し、この積層体の側面に前記内部電極と交互に一層おきに接続すべき一対の外部電極を設けてなる積層型変位素子において、積層体の側面部近傍に形成される非変位部と積層体の内部に形成される変位部との間に緩衝部を設けると共に、緩衝部における変位量が非変位部と接する部位における0%から変位部と接する部位における100%まで順次増大するように形成したことを特徴とする積層型変位素子。
- (2) 緩衝部における内部電極の存在比率が非変位部における0%から変位部における100%ま

で順次増大するように形成した請求項(1)記載の積層型変位素子。

- (3) 緩衝部を形成する材料の圧電歪定数 d と薄板を形成する材料の圧電歪定数 d_0 との比 d/d_0 の値を、非変位部と接する部位における0から変位部と接する部位における1まで順次増大するように形成した請求項(1)記載の積層型変位素子。
- (4) 緩衝部を形成する薄板上に厚さ t_1 なる絶縁層と厚さ t_2 なる電極層をこの順に固着し、内部電極の厚さ t に対して $t_1 + t_2 = t$ となるように形成すると共に、絶縁層の厚さ t_1 を非変位部と接する部位における t から変位部と接する部位における0まで順次減少するように形成した請求項(1)記載の積層型変位素子。
- (5) 電気機械変換材料が圧電材料である請求項(1)ないし(4)何れかに記載の積層型変位素子。
- (6) 電気機械変換材料が電歪材料である請求項(1)ないし(4)何れかに記載の積層型変位素子。
- (7) 内部電極を薄板上にスクリーン印刷によって

設けた請求項(1)若しくは(2)記載の積層型変位素子。

(8) 絶縁層および／または電極層をスクリーン印刷によって設けた請求項(4)記載の積層型変位素子。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、産業用ロボットのアクチュエータ、超音波モータ等に使用する電気機械変換素子に関するものであり、特に電気機械変換材料からなる薄板を、内部電極を介して複数枚積層することにより、変位量を増大させた積層型変位素子の改良に関するものである。

(従来の技術)

従来、X-Yステージの位置決め機構や制動ブレーキ等に用いられている変位用素子に使用する積層型変位素子は、所定の形状に加工した圧電セラミック材料からなる薄板に電極を設けて分極し

た後、直接若しくは薄い金属を介して有機系の接着剤で接合する方法が採用されている。しかし上記のように接着剤を使用して積層したものは、使用条件により、圧電素子の振動による変位を接着剤層が吸収したり、高温の環境若しくは長期間の使用により接着剤が劣化する等の欠点がある。

このため、最近では積層チップコンデンサ構造方式の積層型圧電素子が実用化されている。すなわち、例えば特公昭59-32040号公報に記載のように、原料粉末にバインダーを添加、混練したペースト状の圧電セラミック材料を、所定の厚さの薄板に形成し、この薄板の一方の面若しくは両面に銀-パラジウム等の導電材料を塗布して内部電極を形成する。上記薄板を所定枚数積層して圧着し、更に所定の形状に加工した後、焼成することによってセラミック化し、積層体の両側面に外部電極を形成したものである。上記構成の積層型圧電素子は、圧電セラミック材料からなる薄板と内部電極の接合部の密着性に優れると共に、熱的特性も安定であるため高温環境においても充分に使用可

- 3 -

能であり、また長期間に亘って劣化が極めて少ない等の利点がある。

(発明が解決しようとする課題)

しかしながら上記従来の積層型圧電素子においては、圧電変位効率その他の点においていくつかの問題点がある。例えば第11図に示すように、圧電セラミック材料からなる薄板1、1の間に、正負の内部電極2a、2bを交互に挟着して積層し、内部電極2a、2bを各々外部電極3a、3bに接続して積層型圧電素子を構成するのである。この場合内部電極2a、2bの重合する部分が変位部aを形成するのであるが、周辺部においては内部電極2a、2bが重合しないため、非変位部bとなる。このため外部電極3a、3bに電圧を印加しても、変位部aのみにおいて電界強度が大であり、非変位部bの電界強度が小であるため、素子全体の変形を阻害し、圧電セラミック材料固有の変位を得ることができないという問題点がある。また上記変位部aと非変位部bとの境界部に

は大きな歪が発生して応力が集中するため、薄板1若しくは素子全体が割れるという問題点も併有している。

上記問題点を解決するために、本出願人はすでに第12図に示す構成の積層型圧電素子について出願している(特願昭61-42967号参照)。同一部分は第11図と同一の参照符号で示す第12図において薄板1を、両横に突起部1aを有する形状に形成し、内部電極2a、2bが重合する変位部aの比率を増大させたものである。このような構成により、第11図に示すものと比較して同一駆動電圧による変位を20～30%向上させる効果を得ているが、未だ非変位部bが存在するため、変位部aとの境界部に発生する割れ事故を完全に解消できず、若干の改良の余地を残している。

次に前記第11図および第12図に示すものにおける非変位部bの存在による圧電変位効率の低下を解決するものとして、第13図に示す構造のものが提案されている(特開昭58-196068号公報等)。第13図においては同一部分は前記第11

- 4 -

図および第 1 2 図と同一の参照符号で示している。同図において、内部電極 2 a、2 b は薄板 1 の表面全域に及ぶように形成して、所要枚数を前記同様に積層する。次に上記のようにして形成した積層体の一の側面において、内部電極 2 a、2 b の端縁に一層おきに（例えば内部電極 2 b のみに）絶縁材料からなる被覆 4 を設けると共に、被覆 4 の上から導電性材料からなる外部電極 3 a（図示せず）を被着させる。一方積層体の他の側面においては、上記被覆 4 を設けなかった内部電極（例えば 2 a）の端縁に前記と同様に被覆 4 を設け、その上から外部電極（図示せず）を被着させる。

しかしながら上記構成のものにおいては、内部電極 2 a、2 b の端縁の全幅に亘って絶縁材料からなる被覆 4 を設ける必要があるため、煩雑な作業を要する。また上記被覆 4 と内部電極 2 a、2 b とは中心が一致しなければならないが、例えば薄板 1 および／または内部電極 2 a、2 b の厚さの誤差累積等によって所望の位置に被覆 4 を形成することができず、絶縁破壊を生ずるという問題

- 7 -

点がある。また薄板 1 の厚さがより薄くなり、 $100\mu\text{m}$ 以下となった場合には、内部電極 2 a、2 b の一層おきに形成すべき被覆 4 の周縁部若しくは掘部が不本意に拡大して隣接する内部電極 2 a 若しくは 2 b の端縁をも被覆することとなり、外部電極 3 a、3 b との導通がとれなくなる等の問題点も併有している。

なお上記のいわゆる全面電極型の積層型圧電素子についての改良に関し、本出願人もすでに出願している（特願昭 61-54239 号参照）。第 1 4 図は上記出願に係る積層型圧電素子の要部斜視図であり、同一部分は前記第 1 1 ~ 1 3 図と同一の参照符号で示す。同図において積層体の側面に薄板 1 の積層方向に絶縁物質からなる被覆 5 を設け、この被覆 5 上に外部電極 3 a、3 b と、リード部 6 a、6 b とを設けるのである。そしてリード部 6 a、6 b は、内部電極 2 a、2 b と各々接続するように、一層おきに配設する。

上記の構成により、前記第 1 3 図に示すものにおけるような絶縁破壊の発生を回避することがで

- 8 -

き、一応の効果が認められている。しかしながらリード部 6 a、6 b を配設する場合の位置ずれ発生の問題点は残念ながら残存し、更に改良の余地がある。

本発明は、上記従来技術に存在する問題点を解決し、圧電変換効率が高く、かつ信頼性の高い積層型変位素子を提供することを目的とするものである。

〔課題を解決するための手段〕

上記の目的を達成するために、本発明においては、電気機械変換材料からなる薄板を、この薄板の大部分を被覆するように形成した内部電極を介して複数枚積層して積層体を形成し、この積層体の側面に前記内部電極と交互に一層おきに接続すべき一対の外部電極を設けてなる積層型変位素子において、積層体の側面部近傍に形成される非変位部と積層体の内部に形成される変位部との間に緩衝部を設けると共に、緩衝部における変位量が非変位部と接する部位における 0 % から変位部と

接する部位における 100 % まで順次増大するように形成する、という技術的手段を採用した。

なお緩衝部を形成する場合に、緩衝部における内部電極の存在比率を非変位部における 0 % から変位部における 100 % まで順次増大するように形成するとよい。

また緩衝部を形成する材料の圧電歪定数 d と薄板を形成する材料の圧電歪定数 d_0 との比 d/d_0 の値を、非変位部と接する部位における 0 から変位部と接する部位における 1 まで順次増大するように形成してもよい。

更にまた緩衝部を形成する薄板上に厚さ t_1 なる絶縁層と厚さ t_2 なる電極層をこの順に固着し、内部電極の厚さ t に対して $t_1 + t_2 = t$ となるように形成すると共に、絶縁層の厚さ t_1 を非変位部と接する部位における t から変位部と接する部位における 0 まで順次減少するように形成することができる。

なお本発明における電気機械変換材料としては圧電材料若しくは電歪材料を使用するのが好まし

い。

また内部電極を薄板上に形成する場合には、スクリーン印刷によると好都合である。

更にまた薄板上に絶縁層および電極層を積層することによって緩衝部を形成する場合においても、上記絶縁層および電極層を形成するのにスクリーン印刷手段を使用するのが有効である。

〔作用〕

上記の構成により、非変位部と変位部との間に変位が段階的若しくは連続的に変化する緩衝部を形成することができ、応力集中を防止する作用を期待し得るのである。

〔実施例〕

第1図は本発明の第1実施例を示す要部斜視図であり、同一部分は前記第11図～第14図と同一の参照符号で示す。第1図においてcは緩衝部であり、突起部1aの外部電極3aを設けた側面を代表される非変位部bと、変位部aとの間に設

- 11 -

そして部分電極21相互間および部分電極21と内部電極2a(2b)とを接続する導通部材21aを設ける。

以上の構成により、部分電極21においては、内部電極2a(2b)における程ではないが、納の幅に相当する変位を発生するから、変位の緩衝部を形成することができるのである。

第3図に示すものは、部分電極21を複数の三角形によって形成したもの、第4図は部分電極21を複数の円によって形成したものであり、何れも前記同様の変位緩衝作用がある。

次に本発明の積層型変位素子の製造手段の一例について記述する。まずPb(Zr, Ti)O₂粉末に、有機バインダーとしてPVB、可塑剤としてBPBG、有機溶剤としてトリクレンを夫々添加して混合し、この混合材料をドクターブレード法により厚さ200μmのシート状に形成した。次にこのシート状材料の表面全域に内部電極を構成する銀-パラジウムペーストをスクリーン印刷した。なお内部電極の一部を構成する部分電極も

ける。

この緩衝部cを設けたことにより、従来のいわゆる交互電極型において、非変位部bと変位部aとの境界部に発生する大なる歪を解消し、従って応力集中による薄板1、更には変位素子全体の破壊を防止するのである。すなわち上記緩衝部cにおいては、非変位部bと接する部位においては変位は0であるが、変位部aに至る間は変位が段階的若しくは連続的に変化するよう形成してあるためである。

第2図～第4図は夫々第1図における緩衝部cを形成する例を示す要部拡大平面図であり、同一部分は第1図と同一の参照符号で示す。まず第2図において、21は部分電極であり、内部電極2a(2b)の一部を構成すると共に、複数の溝状に形成する。この場合理解を容易にするため、部分電極21および内部電極2a(2b)には、断面ではないがハッチングを付してある。すなわち内部電極2a(2b)の近傍においては幅を広く、突起部1aの端縁部においては幅を狭く形成する。

- 12 -

上記内部電極の印刷時に同時に印刷が可能であることは当然である。上記薄板を50枚積層して圧着した後、所定の寸法形状に切断して積層体とした。次にこの積層体を1050～1200℃で1～5時間焼成して10mm角の焼結積層体を得た。次に第1図に示すように外部電極3a、3b(3bは図示せず)を銀ペーストのスクリーン印刷して積層型変位素子とした。

このようにして得た素子に、400Vの電圧を10分間印加して分極処理を行ない、特性を測定した。第5図および第6図は各々変位量と印加電圧および駆動回数との関係を示す図である。なお比較のために、上記と同一の圧電セラミック薄板材料を使用して、前記第12図に示す構成の積層型変位素子を作成した。第5図および第6図から明らかなように、本発明のものを示すAは、従来のものを示すBより、同一印加電圧に対する変位量が20～30%大であると共に、駆動回数、すなわち寿命を大幅に向上していることが認められる。なお従来のものは第6図Bにおいて絶縁破

- 13 -

- 534 -

- 14 -

壊を起した。

本発明の実施例として第1図あるいは第12図に示すものについて記述したが、本発明は第11図に示すような所謂交互電極型のものにも適用可能である。

次に第7図および第8図は各々本発明の第2実施例を示す要部拡大平面図であり、同一部分は前記第11図と同一の参照符号で示す。本発明も前記第12図に示すような形式のものに限定されず、第11図に示すような所謂交互電極型のものにも適用可能であることは当然である。まず第7図において、7は孔であり、緩衝部cの領域における薄板1上の内部電極2a(2b)に複数個設けるのであるが、非変位部b側の設置数の方が変位部a側よりも多くなるように配設する。この場合内部電極2a(2b)には、理解を容易にするため断面ではないがハッチングを付して示した。第7図に示すものは孔7の直径を同一に形成し、設置間隔を変位部a側と非変位部b側とで異なるようにしたものである。次に第8図に示す実施例

においては、緩衝部cの領域における薄板1上の内部電極2a(2b)に設ける孔7の直径を異に形成し、設置間隔は同一であるが、非変位部b側の孔7の直径を変位部a側のそれより大に形成したものである。なお第7図と第8図に示すものを組合せて形成してもよい。上記のような構成の内部電極2a(2b)を形成するためには、前記実施例と同様な銀-パラジウムペーストのスクリーン印刷手段を適用できるが、この場合には予めスクリーン上に孔7に相当するマスキングをしておけばよい。

上記の構成により、緩衝部cにおいては薄板1上の内部電極2a(2b)の存在比率が、非変位部bにおける0%から変位部aにおける100%まで順次増大するから、緩衝部cにおける変位量は内分電極2a(2b)の存在比率に相当する変位量となり、非変位部bにおける0から変位部aにおける最大変位量まで順次増大する。従って前記実施例と同様の変位の緩衝作用が期待でき、変位素子全体としての変位量の増大が可能であり、

- 15 -

駆動回数、寿命を大幅に向上させ得る。

第9図は本発明の第3実施例を示す要部拡大平面図であり、前記第7図および第8図に示す交互電極型に適用した場合の例を示す。第9図において非変位部bを薄板11により、ならびに緩衝部cを薄板12~14によって形成し、変位部aを構成する薄板1と一体的に固着すると共に、これらの薄板上に内部電極(図示せず)を設ける。薄板11~12には断面ではないが理解を容易にするためハッチングを付してある。なお上記薄板1および11~14の圧電歪定数を夫々d。および $d_{11} \sim d_{14}$ としたとき、 $d_{11} \approx 0$ および $d_{12} < d_{13} < d_{14} < d。$ となるように組成の異なる材料によって形成する。一般に緩衝部cをn個の薄板12~(11+n)で形成した場合に $d_{11} < d_{12} < \dots < d_{11+n} < d。$ となるようにする。従ってnが大である程、相隣る薄板構成材料の圧電歪定数の差を小さくすることができる。このような構成の薄板1、11~14を形成するには、例えば薄板11~14の幅に相当する厚さを

- 16 -

有する積層体を形成後、この積層体の端面と平行に薄板1の厚さに対応する寸法宛スライスし、薄板1と共に厚さ方向にプレスすることにより、第9図に示すように一体化することができる。上記のようにして薄板1および11~14を一体に形成した後、変位部aおよび緩衝部c上に内部電極(図示せず)を固着し、前記実施例と同様に積層する。

上記の構成により、緩衝部cにおいては、夫々の薄板12~14を構成する材料の圧電歪定数 $d_{12} \sim d_{14}$ に対応する変位量を生じ、非変位部bにおける0から変位部aにおける最大値まで順次変位量を増大させることができる。従って前記実施例と同様の変位の緩衝作用およびこれに付随する効果を期待できるのである。

次に第10図は本発明の第4実施例を示す要部拡大断面図であり、交互電極型に適用した場合の例である。第10図において、8は絶縁層であり、非変位部bおよび緩衝部cを形成する薄板1上に固着すると共に、緩衝部cにおいては絶縁層8上

に内部電極 2 a (2 b) の一部を積層する。なお緩衝部 c における絶縁層 8 と内部電極 2 a (2 b) の厚さ t_1 および t_2 は、変位部 a における内部電極 2 a (2 b) の厚さ t との関係において、 $t_1 + t_2 = t$ となるように形成すると共に、絶縁層 8 の厚さ t_1 を非変位部 b と接する部位における t から、変位部 a と接する部位における 0 まで順次連続的に減少するように形成する。この場合上記 t_1 の変化を段階的若しくは非連続的に変化させてもよい。

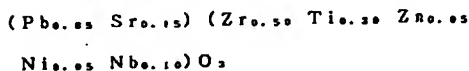
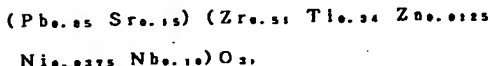
以上の構成により、緩衝部 c においては、厚さ t_1 なる絶縁層 8 が存在するから、薄板 1 に印加される駆動電圧が変位部 a における値より小となり、非変位部 b と接する部位における 0 から、変位部 a と接する部位における最大値まで順次連続的若しくは段階的に増大する。従って変位量も駆動電圧と比例して変化するから、前記実施例と同様な変位の緩衝作用およびこれに付随する効果を期待できるのである。

本実施例においては、例えば第 1 実施例におい

て、内部電極の一部を構成する部分電極の構成例として、三角、円形のものを示し、第 2 実施例において内部電極に設ける孔の形として円形のものとしたが、これらの形状に限定されることがなく、他の任意の形状を選定することができる。すなわち要するに緩衝部における内部電極（部分電極も含む）の存在比率が、非変位部における 0 % から変位部における 100 % まで順次増大するように形成すればよい。また部分電極、内部電極、外部電極の形成手段としてスクリーン印刷法を使用した例について記述したが、これに限定せず、メッキ、蒸着、塗布等の他の手段によっても作用は同一である。更に前記の実施例においては、電気機械変換材料が圧電材料である場合について記述したが、キュリー温度が室温より低いため、分極の必要がなく、かつ変位量が大きであると共にヒステリシスが少くない等の特徴を有する電歪材料についても、前記と全く同様な作用を期待できる。このような電歪材料としては、例えば、



- 19 -



等を使用することができる。

〔発明の効果〕

本発明は、以上記述のような構成および作用であるから、基本的には製作が極めて容易な交互電極型の構成でありながら圧電変換効率および寿命を大幅に向上させることができる。また非変位部と変位部との間に緩衝部を形成するため、歪の増大若しくは応力集中による割れ等の発生を皆無とすることができ、信頼性を大幅に向上し得るといふ効果がある。

4. 図面の簡単な説明

第 1 図は本発明の第 1 実施例を示す要部斜視図、第 2 図～第 4 図は夫々第 1 図における緩衝部形成の例を示す要部拡大平面図、第 5 図および第

6 図は各々変位量と印加電圧および駆動回数との関係を示す図、第 7 図および第 8 図は各々本発明の第 2 実施例を示す要部拡大平面図、第 9 図は本発明の第 3 実施例を示す要部拡大平面図、第 10 図は本発明の第 4 実施例を示す要部拡大断面図、第 11 図～第 14 図は夫々従来の積層型圧電素子を示す要部斜視図である。

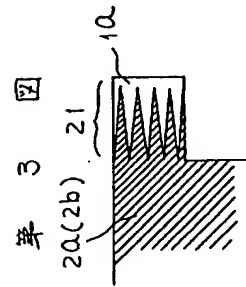
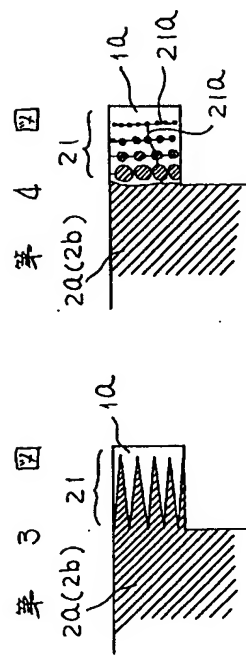
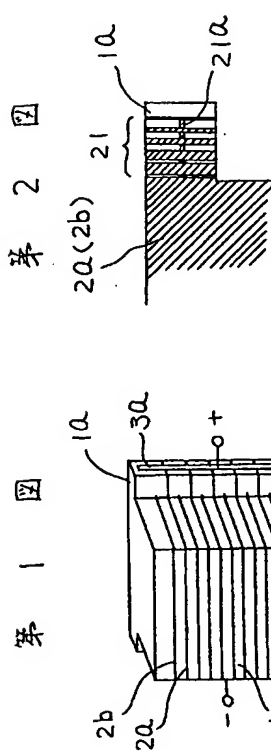
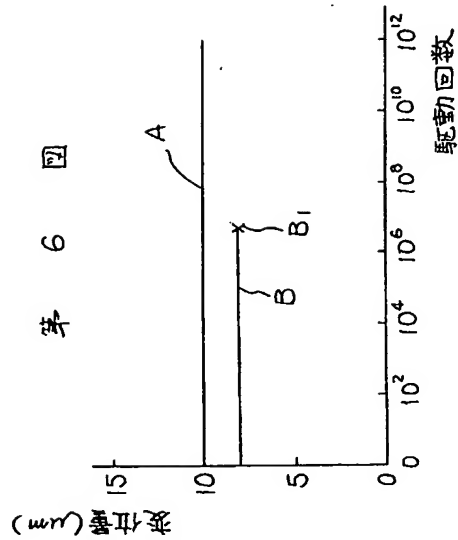
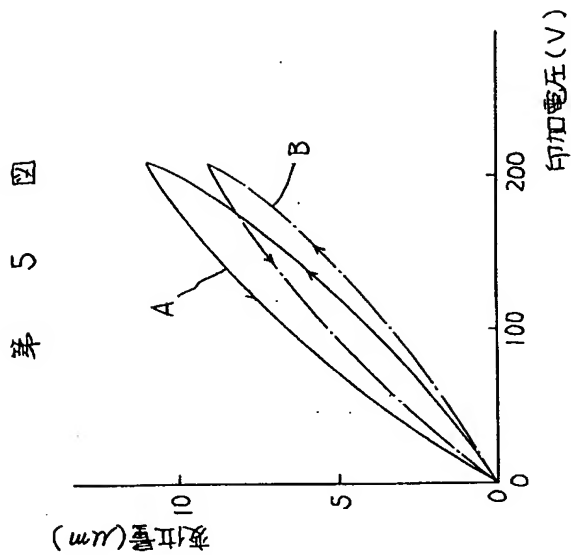
1 : 薄板、2 a、2 b : 内部電極、21 : 部分電極、7 : 孔、8 : 絶縁層、a : 変位部、b : 非変位部、c : 緩衝部。

特許出願人 日立金属株式会社
代理人 弁理士 森田 寛

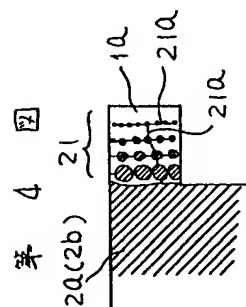
- 21 -

- 536 -

- 22 -

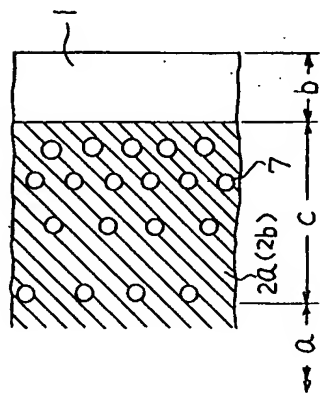


第 4 圖

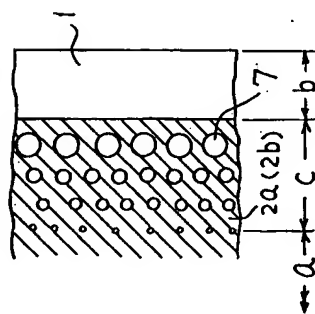


1: 薄板、2a、2b: 内部電極、21: 部分電極
a: 変位部、b: 非変位部、c: 接合部

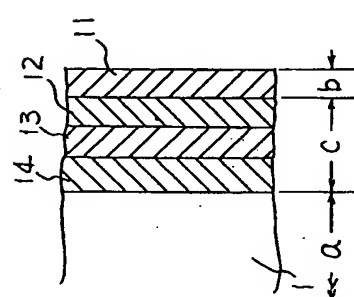
第 7 圖



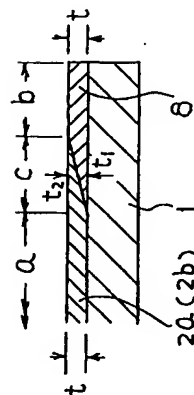
第 8 圖



第 9 圖

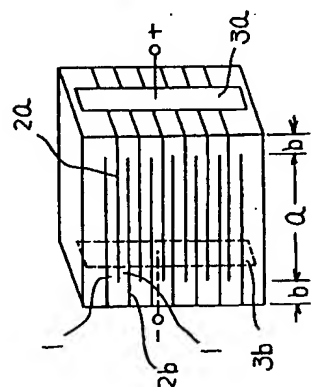


第 10 圖

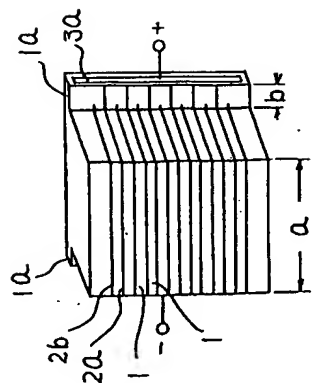


1: 薄板, 2a, 2b: 内部電極,
7: 孔, 8: 絶縁層
a: 変位部, b: 非変位部, c: 後置部

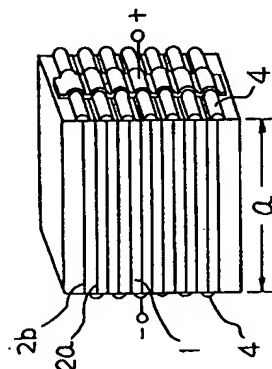
第 11 圖



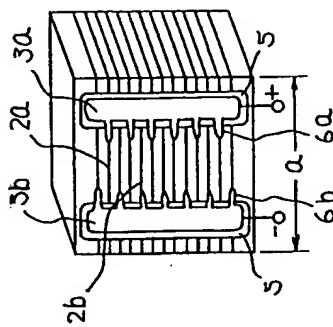
第 12 圖



第 13 圖



第 14 圖



1: 薄板, 2a, 2b: 内部電極
a: 変位部, b: 非変位部

手続補正書 (自発)

補正の内容

昭和63年10月26日

特許庁長官殿

1. 事件の表示

昭和63年特許願第186146号

2. 発明の名称

積層型変位素子

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住所 東京都千代田区丸の内二丁目1番2号

名称 (508) 日立金属株式会社

代表者 松野浩二

4. 代理人

住所 東京都荒川区西日暮里4丁目17番1号

佐原マンション3F C

氏名 (7484) 弁理士 森田 寛

5. 補正により増加する請求項の数 なし

6. 補正の対象

明細書の「発明の詳細な説明」の欄

7. 補正の内容

別紙の通り

方 式
審 査



(1) 明細書第15頁第4行に「のものにも」とあるのを「等のものなど、変位部と非変位部の境界領域が存在する構造の積層型変位素子であれば全て」と訂正する。

(2) 明細書第15頁第10行ないし第11行に「のものにも」とあるのを「等のものなど、変位部と非変位部の境界領域が存在する構造の積層型変位素子であれば全て」と訂正する。

以上。